

Localised plasma prodn. in treatment chamber - using microwave generator connected to coupling device which passes through the wall of the chamber without using a coupling window

Patent number: DE4136297

Publication date: 1993-05-06

Inventor:

Applicant:

Classification:

- international: *H01J37/32; H05H1/46; H01J37/32; H05H1/46; (IPC1-7): H01J37/32; H01P5/02; H05H1/46*

- european: H01J37/32H3B; H05H1/46

Application number: DE19914136297 19911104

Priority number(s): DE19914136297 19911104

Report a data error here

Abstract of DE4136297

Device for locally producing a plasma inside a treatment chamber by microwave stimulation means comprises a microwave prodn. unit (11) located outside the chamber and a coupling device which is connected to the microwave unit and passes through a section of the chamber wall into the interior of the chamber. The coupling device consists of an outer hollow tube (2) made of insulation material with an internal metal conductor (3). ADVANTAGE - The plasma can be produced at any part of the chamber without using a microwave coupling window.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**
DE 41 36 297 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 05 H 1/46
H 01 J 37/32
H 01 P 5/02
// C23C 16/50

②1 Aktenzeichen: P 41 36 297.7
②2 Anmeldetag: 4. 11. 91
④3 Offenlegungstag: 6. 5. 93

DE 41 36 297 A 1

⑦1 Anmelder:
Plasma Electronic GmbH, 7024 Filderstadt, DE

⑦2 Erfinder:
Ranke, Horst, Dr., 8755 Alzenau, DE; Bickmann,
Hermann, 7257 Dietzingen, DE; Kemmner,
Wolfgang, 7448 Wolfschlügen, DE; Räuchle,
Eberhard, Dr., 7146 Remseck, DE; Magg, Thomas,
7050 Waiblingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur lokalen Erzeugung eines Plasmas in einer Behandlungskammer mittels Mikrowellenanregung

⑤7 Es sind Vorrichtungen zur lokalen Erzeugung eines Plasmas in einer Behandlungskammer mittels Mikrowellenanregung bekannt, die durch einen in eine Wand einbaubaren Flansch oder die Wand selbst in einen äußeren und einen inneren Teil unterteilt sind, wobei am äußeren Teil eine Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung angeordnet ist, deren Mikrowellen über eine Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung zum inneren Teil hingeführt werden. Um eine Vorrichtung zur lokalen Erzeugung eines Plasmas anzugeben, bei der die Mikrowellen gezielt an beliebigen Stellen der Behandlungskammer eingekoppelt werden können, mit der das Plasma gegebenenfalls an gewünschten Stellen im Reaktor erzeugt werden kann, und die ein Mikrowellen-Einkoppel-Fenster nicht erfordert, weist die Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung einen durch den Flansch hindurchführenden äußeren Führungshohlleiter aus isolierendem Material auf, in dem ein Innenleiter aus Metall verläuft, wobei die Mikrowellen von der Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung in den Innenleiter eingekoppelt werden.

DE 41 36 297 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur lokalen Erzeugung eines Plasmas in einer Behandlungskammer mittels Mikrowellenanregung, die durch einen in eine Wand einbaubaren Flansch oder die Wand selbst in einen äußeren und einen inneren Teil unterteilt ist, wobei am äußeren Teil eine Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung angeordnet ist, deren Mikrowellen über eine Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung zum inneren Teil hingeführt werden.

Solche Vorrichtungen sind beispielsweise aus der DE-AI-37 05 666, der DE-AI-35 21 318 oder der EP-AI-03 76 141 bekannt.

Die DE-AI-37 05 666 beschreibt eine Einrichtung zur Erzeugung eines Plasmas und zur Behandlung von Substraten mit einer Kammer aus metallischen Wänden; in diese Kammer werden Mikrowellen eingekoppelt und an den metallischen Wänden reflektiert. Mittels Dauermagneten, die in der Nähe des zu beschichtenden Substrats angeordnet sind, wird innerhalb der Kammer bei geeignetem Druck eine Elektronen-Zyklotron-Resonanz (EZR) erzeugt, die eine örtlich definierte Konzentration des Plasmas gestattet. Die Mikrowellen werden von einem Mikrowellensender außerhalb der Kammer ausgehend, über einen Mikrowellenleiter und einen Hornstrahler über ein Mikrowellenfenster aus Quarzglas in die Kammer eingestrahlt. Durch die Wahl eines niedrigen Gasdruckes und eines relativ großen Mikrowellenfensters soll ein spontanes Zünden im Fensterbereich vermieden werden. Diese Anordnung ist damit auf einen niedrigen Druckbereich festgelegt.

Die DE-AI-35 21 318 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln, insbesondere zum Beschichten, von Substraten mittels Plasmaentladung. Um das Plasma möglichst nahe an das Substrat heranzuführen, ist eine Elektrode für die Erzeugung eines Plasmas oberhalb des Substrates angeordnet.

Die EP-AI-03 76 141 gibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kunststoffbeschichtung von Stangenprofilen an. Nach dieser Vorrichtung werden die Stangenprofile kontinuierlich durch einen Reaktor (Kammer) geführt, wobei ein Monomer mit Hilfe eines durch Mikrowellen erzeugten Plasmas auf dem Stangenprofil polymerisiert wird. Die außerhalb des Reaktors mit einem Magnetron erzeugten Mikrowellen werden über einen Hohlleiter einem Hornstrahler zugeführt, an dessen Ende sich ein Quarzfenster zur Einspeisung der Mikrowellen in den Reaktor befindet. Mit Hilfe von stationären Magneten wird das Plasma gürtelförmig eingeschnürt und das Stangenprofil durch dieses Plasma hindurchgeführt.

Schließlich ist aus der US-PS 44 33 228 eine Plasma-vorrichtung bekannt, mit der ein Plasma-Ätzverfahren durchgeführt wird. Das Plasma wird durch Mikrowellen erzeugt, die, ausgehend von einem Mikrowellengenerator, über einen Wellenleiter in eine Vakuum-Behandlungskammer eingekoppelt werden, wobei die Behandlungskammer gegen den Wellenleiter über ein Fenster aus Aluminiumoxid oder Quarzglas abgedichtet ist.

Es hat sich gezeigt, daß das Einkoppeln von Plasma mittels Mikrowellen über einen Hornstrahler und ein Quarzglasfenster bei höherem Druck zu erheblichen Schwierigkeiten führt, da infolge der Zündung des Plasmas am Fenster sich dieses auf der Innenseite der Kammer beschlägt. Das entstehende Plasma schirmt die Mikrowelle ab und verhindert ein tiefes Eindringen der Mikrowellen in die Kammer. Damit ist es nicht möglich,

die Mikrowellen bei höheren Drücken gezielt in Bereiche der Kammer zu führen, in denen mit dem Plasma, beispielsweise zum Beschichten von Gegenständen, gearbeitet werden soll.

5 Solche Mikrowellen-Einkoppel-Fenster haben weiterhin den Nachteil, insbesondere in Druckbereichen von 10 mbar bis 10 (exp - 2) mbar, daß die eingekoppelten Mikrowellen im Bereich des Fensters besonders intensiv sind, da die Feldstärke in diesem Bereich am größten ist. Bei großen Rezipienten ergibt sich damit keine homogene Plasma-Verteilung. Zusätzlich kann eine Erhitzung des Fensters und ein Absputtern der Fensteroberfläche auftreten. Durch das Zünden von Plasmen im Fensterbereich wird zusätzlich die Einkopplung von Mikrowellen abgeschirmt, da sich das Plasma ab einer bestimmten Ladungsträgerdichte wie eine leitende Wand, die für Mikrowellen undurchlässig ist, verhält.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur lokalen Erzeugung eines Plasmas in einer Behandlungskammer mittels Mikrowellen anzugeben, bei der die Mikrowellen gezielt an beliebigen Stellen der Behandlungskammer eingekoppelt werden können, mit der das Plasma gegebenenfalls an gewünschten Stellen im Reaktor erzeugt werden kann, und die ein Mikrowellen-Einkoppel-Fenster nicht erfordert.

Gelöst wird die Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art dadurch, daß die Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung einen durch den Flansch hindurchführenden äußeren Führungshohlleiter aus isolierendem Material aufweist, in dem ein Innenleiter aus Metall verläuft, wobei die Mikrowellen von der Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung in den Innenleiter eingekoppelt werden. Durch die erfindungsgemäße Anordnung erfolgt die Einkoppelung der Mikrowellen über einen Führungshohlleiter, bevorzugt ein Rohr aus einem dielektrischen Material, wie Glas, in dessen Innenbereich sich ein metallischer Leiter befindet. Die Ausbreitung der Mikrowelle erfolgt als coaxialer Wellentyp vorzugsweise im Zwischenraum zwischen dem Innenleiter und dem erzeugten Plasma. Die Mikrowellen breiten sich in diesem Führungshohlleiter analog den Gesetzen im coaxialen Wellenleiter weiter aus, wobei das umgebende Plasma die Funktion des Außenleiters übernimmt. Die Konzentration des Plasmas entlang der Mantelfläche des Führungshohlleiters kann durch geeignete Formgebung (Taperung) des Führungshohlleiters, des Innenleiters und eventueller Abschirmungen beeinflusst werden. Durch Abschirmung des Führungshohlleiters an definierten Bereichen, kann die auf der Oberfläche des Rohres entstehende Plasmazone auf gewünschte Bereiche konzentriert werden. In einem solchen Fall übernimmt dann der äußere, aus Metall bestehende Mantel die Funktion des Außenleiters und verhindert in dieser Zone das Austreten von Mikrowelle in die evakuierten Bereiche der Behandlungskammer, wo ansonsten ein Plasma erzeugt werden würde. Ferner kann die Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung so gestaltet werden, daß der metallische Außenleiter bzw. die Abschirmungen im Innern des Führungshohlleiters angebracht werden und der Innenleiter, gestützt oder freitragend, konzentrisch oder exzentrisch innerhalb des Außenleiters bzw. der Abschirmungen verläuft. Ein zusätzliches Einkoppelfenster in der Wand der Kammer oder des Rezipienten, um die Mikrowellen von der Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung in die Behandlungskammer einzukoppeln, das beschlagen könnte, ist nicht erforderlich.

Die gesamte Vorrichtung ist an einem Flansch montiert, vorzugsweise ein Norm-Flansch, so daß sie in eine entsprechende Aufnahme einer Behandlungskammer eingesetzt werden kann. Alle Bauteile, die die Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung betreffen, sind an der Außenseite des Flansches und damit an der Außenseite der Behandlungskammer gut zugänglich angeordnet und können dort ausgetauscht oder gewartet werden. Die Versorgung, beispielsweise die Stromversorgung oder die Steuer- und Regeleinrichtungen, kann separat untergebracht werden. Mit dieser Anordnung wird die Möglichkeit gegeben, die Vorrichtung als leicht austauschbares Modul an jeder beliebigen Stelle des Rezipienten anzufanschen. Weiterhin können zur Erzeugung von Plasmefeldern mehrere solcher Vorrichtungen nebeneinander in einem Rezipienten angeordnet werden, um beispielsweise flächige Teile zu behandeln. Die Montierung der Anordnung an einem Flansch kann entfallen, falls die Anordnung direkt in die Wand eines Rezipienten eingebaut wird. Diese Vorrichtung kann auch als variabel einsetzbares Modul aufgebaut sein.

Um die Anordnung ausreichend zu kühlen, kann ein Ringraum zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter (Führungshohlleiter) gebildet werden, der sich unter Atmosphärendruck befindet, in den Kühlgas oder Kühlflüssigkeit eingeleitet wird. In diesen Ring können auch zusätzliche Meßelemente zur Temperaturüberwachung eingesetzt werden.

Um ein gleichmäßiges Plasmafeld um den Führungshohlleiter herum zu erhalten, wird in einer vorteilhaften Ausbildung ein im Querschnitt kreisförmiger Führungshohlleiter eingesetzt, der dann vorzugsweise coaxial zu dem Innenleiter angeordnet wird.

Bevorzugt wird in dem Führungshohlleiter ein Druck aufrechterhalten, der gegenüber dem Druck in der Behandlungskammer unterschiedlich ist, wobei in der Behandlungskammer ein Niederdruck eingestellt wird. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, daß die Plasmaerzeugung gezielt im Außenbereich des Führungsrohres erfolgt.

Falls es erforderlich ist, das Plasma nicht über die gesamte Länge des Führungshohlleiters zu bilden, können bestimmte Bereiche des Führungshohlleiters abgeschirmt werden, so daß an diesen Stellen die Bildung des Plasmas verhindert wird. Diese Abschirmung kann in Form von einer oder mehreren Metallhülsen erfolgen, die wahlweise auf der Außenseite oder Innenseite des Führungshohlleiters aufgesteckt bzw. eingeschoben werden; es ist aber auch möglich, diese Abschirmung durch eine Metallisierung zu erreichen.

Eine solche Abschirmung wird bevorzugt als fester Bestandteil im Bereich des Flansches auf der Reaktor-Innenseite angrenzend, aufgebracht, da in diesem Bereich des Rezipienten üblicherweise die Bildung des Plasmas verhindert werden soll. Diese Metallummantelung dient dann in diesem Bereich als Mikrowellenführung.

Der Innenleiter kann Hohlräume aufweisen oder als Hohlrohr ausgebildet sein. In solchen Hohlräumen können Permanent-Magnete eingesetzt werden, um auch bei niedrigen Drücken im Außenbereich ein Plasma über die Elektronen-Zyklotron-Resonanz zu zünden. Die Magnetfelder führen außerdem zu einem verbesserten Einschluß des Plasmas (Konzentrationseffekt). Besonders gut eignen sich kleine Stabmagnete, deren Pole, in Richtung des Führungshohlleiters oder aber auch senkrecht dazu angeordnet werden.

Bevorzugt wird als äußeres Führungsrohr ein Glas-

rohr eingesetzt, das sich beispielsweise durch seine hohe Temperaturbeständigkeit und Sputterfestigkeit auszeichnet. Auch dielektrische Materialien wie Teflon, Keramik, Glas und spezielle Kunststoffe, die einen geringen Mikrowellenverlustfaktor aufweisen, sind geeignet.

Sowohl der Durchmesser des Innenleiters als auch der Durchmesser des Außenleiters bzw. Führungshohlleiters können in deren Längsrichtung verändert werden, um dadurch die Plasmadichten entlang des Außenleiters zu beeinflussen. Durch die Wahl der Durchmesser des Innenleiters und des Außenleiters kann festgelegt werden, ob die Ausbreitung der Mikrowelle vorzugsweise als Leitungswelle (Außenleiterdurchmesser ≤ 60 mm) oder in Form höherer coaxialer Moden (Außenleiterdurchmesser > 60 mm) erfolgt. Bei geeigneter Wahl der Außenleiter-Durchmesser kann auf den Innenleiter auch ganz oder teilweise verzichtet werden. Ferner kann der Innenleiter aus dielektrischem Material bestehen und auch nichtzyklindrische Querschnitte besitzen.

Falls der Innenleiter kürzer als der Führungshohlleiter ausgebildet wird, ergibt sich der Vorteil, daß in der äußeren Zone des Führungshohlleiters, der kein Innenleiter zugeordnet ist, eine diffuse, in Richtung der Längsachse abnehmende Plasmazone erzeugt werden kann.

In einer einfachen Ausführungsform wird der äußere Führungshohlleiter an seinem einen Ende über ein flanschartiges Führungselement in dem einbaubaren Flansch gehalten, so daß er in einfacher Weise austauschbar ist. An diesen Innenflansch kann gleichzeitig an der Außenseite des Haupt-Flansches, der in den Rezipienten eingebaut wird, die Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung angebaut werden. Dieses als Zwischenflansch dienende Führungselement kann vakuumdicht an dem Haupt-Flansch angeschweißt werden, so daß keine zusätzliche Abdichtung erforderlich ist.

Als Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung hat sich ein Magnetron bewährt, von dem ausgehend die Mikrowellen über einen Hohlleiter und ein geeignetes Übertragungsteil in das coaxiale Leitungssystem eingekoppelt werden. Bei Verwendung einer Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung mit coaxialem Ausgang kann dieser auch direkt coaxial an das coaxiale Leitungssystem angeschlossen werden, so daß die Achse des Hohlleiters mit der Achse der Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung zusammenfällt. Da die Mikrowellenleistung mit der beschriebenen Anordnung nahezu vollständig in das Plasma eingekoppelt werden kann, kann auf den Einbau zusätzlicher Bauelemente, wie z. B. einer Richtungsleitung, verzichtet werden.

In einem einfachen konstruktiven Aufbau wird als Mikrowellen-Führungsteil ein Kegel aus Metall oder ein Kegel mit einer metallisierten Kegelfläche verwendet, der, je nach der Schräge der Kegelfläche, die Mikrowellen um bis zu 90° umlenkt; in Verbindung mit einem solchen Kegel als Mikrowellen-Führungsteil wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Innenleiter durch den Flansch zur Außenseite hin verlängert hindurchgeführt und der Kegel auf den Innenleiter aufgesteckt. Ein solcher Kegel bzw. ein solches Mikrowellen-Führungsteil kann in dem Hohlleiter direkt untergebracht werden.

Bei Anwendung der Vorrichtung in Druckbereichen $< 0,1$ mbar können durch zusätzliche äußere Magnete Plasmen unter Ausnutzen der ECR-Effekts gezündet werden. Diese Magnete werden bevorzugt derart angebracht, daß sie den Führungshohlleiter, vorzugsweise aus Glas, ganz oder teilweise umschließen und einen

oder mehrere über die Länge des Führungshohlleiters verlaufende Spalt freilassen, im Bereich dessen das Plasma gebildet wird. Die Anordnung kann auch so gewählt werden, daß in einem metallischen Rohr eine oder mehrere über die Länge des Führungshohlleiters verlaufende Spalte ausgeführt sind, in deren Bereich das Plasma gebildet wird. Um das Plasma den Bedingungen in der Behandlungskammer anpassen zu können, kann die Breite des Spaltes entlang des Führungshohlleiters variieren. Falls der Spalt derart ausgebildet ist, daß er vom Flansch aus gesehen zunimmt, können Verluste in der Stärke entlang des Führungshohlleiters ausgeglichen werden.

Um großflächige Plasmafelder zu erzeugen, werden mehrere Führungshohlleiter in die Behandlungskammer eingesetzt, die jeweils mit einer Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung in Verbindung stehen; Um die Anordnung zu vereinfachen, werden diese Führungshohlleiter bevorzugt von einer Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung versorgt.

Mehrere lineare Führungshohlleiter können parallel zueinander angeordnet und durch entsprechende Magnete umgeben werden, so daß ein gleichmäßiges Plasma hoher Dichte erhalten wird.

Weiterhin kann ein Schutzrohr vorgesehen sein, das auf der Außenseite des Führungsrohres aufgesteckt ist. Ein solches Schutzrohr kann beispielsweise aus Quarzglas gebildet sein, das verhindert, daß sich Niederschläge direkt auf dem Führungshohlleiter abscheiden. Sollte ein solches Schutzrohr stark verschmutzt sein, so daß Mikrowelle absorbiert wird, wird es gegen ein neues Schutzrohr ausgetauscht, so daß die Anlage wieder ihren ursprünglichen Wirkungsgrad erhält.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine Vorrichtung zur lokalen Erzeugung eines Plasmas in einer Behandlungskammer gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 die Vorrichtung nach Fig. 1 mit einem zusätzlichen Schutzrohr,

Fig. 3 die Vorrichtung nach Fig. 1 mit einem verkürzt ausgebildeten Innenleiter, wobei außerdem gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 1 die Durchführung durch den Flansch vereinfacht ist,

Fig. 4 die Vorrichtung nach Fig. 1, die auf ihrer der Einbauseite gegenüberliegenden Seite aus der gegenüberliegenden Seitenwand der Behandlungskammer herausgeführt ist,

Fig. 5 schematisch die Vorrichtung nach Fig. 1 mit einem konisch zum Ende hin zulaufenden Innenleiter,

Fig. 6 schematisch die Vorrichtung nach Fig. 1 mit einem konisch zum Ende hin zulaufenden Führungshohlleiter,

Fig. 7 schematisch die Vorrichtung nach Fig. 1, die in ihrer Mitte zur Achse einen seitlichen Versatz aufweist,

Fig. 8 die Vorrichtung nach Fig. 1 im Bereich der Durchführung durch die Wand der Behandlungskammer, wobei gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 1 im Bereich der Durchführung eine Innenabschirmung eingesetzt ist,

Fig. 9 einen Führungshohlleiter, bei dem auf der Außenseite teilweise eine Abschirmung aufgesetzt ist,

Fig. 10 einen Führungshohlleiter, der in Längsrichtung teilweise von einer Abschirmung umgeben ist, wobei in diese Abschirmung stabförmige Magnete eingesetzt sind,

Fig. 11 die Vorrichtung nach Fig. 10, wobei die Feldlinien zwischen den Magneten angedeutet sind,

Fig. 12 eine Behandlungskammer, in der drei Vorrichtungen zur lokalen Erzeugung eines Plasmas übereinander eingesetzt sind, und

Fig. 13 eine Ansicht der Anordnung nach Fig. 12 aus Richtung des Sichtpfeiles XII in Fig. 12.

Die Vorrichtung, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, besitzt einen Führungshohlleiter 2 aus Quarzglas, der koaxial und mit Abstand zu einem Innenleiter 3 aus Metall verläuft derart, daß zwischen dem Führungshohlleiter 2 und dem Innenleiter 3 ein Ringraum 4 verbleibt. Der Führungshohlleiter 2 wird im Bereich des Flansches 1 von einer Metallummantelung 5 umgeben, die sich beidseitig des Flansches 1 erstreckt. Diese Metallummantelung 5 dient als Wellenleiter für die Mikrowellen, die verhindert, daß im Bereich des Flansches 1 bereits ein Plasma gezündet wird. Auf der Außenseite des Flansches 1 ist der Führungshohlleiter 2 gegen die Metallummantelung 5 über eine O-Ring-Dichtung 6 abgedichtet, die gegen einen an dem Ende des Führungshohlleiters 2 angesetzten, über den Außenumfang vorstehenden Kragen 7 einerseits und gegen die Stirnseite der Metallummantelung 5 andererseits anliegt. Ein flanschartiges Führungselement 8, das durch eine Schweißnaht 9 vakuumdicht an der Außenseite des Flansches 1 befestigt ist, dient zur Aufnahme eines Hohlleiters 10, an dessen einem Ende sich eine Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung 11 anschließt, die in Fig. 1 zusammen mit einer Energieversorgung 11' schematisch dargestellt ist. Zwischen diesem flanschartigen Führungselement 8 und einem weiteren kleinen Flansch 10 ist eine weitere O-Ring-Dichtung 13 eingesetzt. Das flanschartige Führungselement 8 und der Flansch 12 des Hohlleiters 10 werden über einen Klemmring 14 gegeneinander verspannt. Der Hohlleiter 10, bevorzugt aus Glas, ist an dem einen Ende des Flansches 12 über ein Einschraubstück 15 befestigt, wobei zwischen diesem Einschraubstück 15 und dem Flansch 12 eine nicht näher dargestellte Dichtung eingefügt ist. Durch diesen Aufbau ist ein einfacher Wechsel des Hohlleiters 10 möglich; weiterhin kann der Führungshohlleiter 2 aus dem Flansch 1 in einfacher Weise entnommen werden. Der Flansch 1 seinerseits dient dazu, die gesamte Vorrichtung in die Wand 24 einer Behandlungskammer 25 einzusetzen, wie dies in Fig. 13 anhand von drei solcher Vorrichtungen gezeigt ist. Es ist ersichtlich, daß anstelle des Flansches 1 die jeweiligen Vorrichtungen direkt in der Wand 24 der Behandlungskammer 25 eingesetzt werden können, wobei dann der in der Zeichnung dargestellte Flansch 1 die Wand 24 der Behandlungskammer 25 darstellt.

Wie weiterhin in Fig. 1 zu sehen ist, ist der Innenleiter 3 über das Ende des Führungshohlleiters 2 hinaus verlängert und reicht durch den Hohlleiter 10 hindurch, wobei die Achse 16 des Führungshohlleiters 2 bzw. des Innenleiters 3 unter einem Winkel von 90° Grad zu der Achse 17 des Hohlleiters 10 verläuft. Auf das Ende des über den Führungshohlleiter 2 vorstehenden Endes des Innenleiters 3 ist ein kegelförmiges Teil 18 aufgesetzt derart, daß die Spitze des Kegels 18 zu dem Flansch 1 hin gerichtet ist. Das kegelförmige Teil 18 bzw. der Kegel ist innerhalb des Hohlleiters 10 angeordnet und liegt an der Innenseite der Wand 19 des Hohlleiters 10 an. Der Kegel 18 ist mittels einer an der Außenseite des Hohlleiters 10 anliegenden Gegenplatte 20 über Zylinderschrauben 21 verschraubt. Der Kegel 18 weist eine Schräge seines Kegelmantels 22 aus, die unter einem Winkel von 45° zu der Achse 16 des Führungshohllei-

ters 2 bzw. des Innenleiters 3 geneigt verläuft. Die Mikrowellen werden, von der Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung 11 ausgehend, in dem Hohlleiter 10 geführt und durch den schrägen Kegelmantel 22 in den Ringraum 4 zwischen dem Führungshohlleiter 2 und dem Innenleiter 3 eingekoppelt.

Der Innenleiter 3 ist hohl ausgebildet und reicht über die Gegenplatte 20 hinaus. Über das Innere des Innenleiters 3 kann ein Fluid zur Kühlung zugeführt werden; weiterhin können in diesen Hohlraum Meßelemente, beispielsweise ein Thermoelement zur Temperaturmessung, eingesteckt werden.

Falls in der Behandlungskammer 25 ein Niederdruckplasma erzeugt wird, d. h. in der Behandlungskammer ein Druck zwischen 0,1 und 10 mbar herrscht, wird bevorzugt innerhalb des Führungshohlleiters 2 ein dazu unterschiedlicher Druck erzeugt, beispielsweise Atmosphärendruck, wodurch Plasma lediglich im Außenraum des Führungsrohres brennt.

Der Führungshohlleiter 2 besteht aus einem dielektrischen Material, bevorzugt Glas; für bestimmte Anwendungsfälle kann aber auch ein Keramikmaterial geeignet sein. In jedem Fall muß das Material des Führungshohlleiters 2 vakuumdicht sein.

Die Verwendung einer Mikrowellen-Erzeugungsvorrichtung 11, die Mikrowellen im GHz-Bereich erzeugt, hat den Vorteil gegenüber elektromagnetischen Wellen im MHz-Bereich, daß höhere Plasmadichten, die etwa um den Faktor 10 höher liegen, erzielbar sind.

Besonders vorteilhaft sind Mikrowellensender, die Mikrowellen mit einer Frequenz von 2,45 GHz abgeben, da solche Mikrowellensender bereits in Haushaltsherden in großer Anzahl Einsatz finden. Der eingesetzte Mikrowellensender sollte im Bereich von 300 W bis 6 KW Leistung arbeiten.

Um zu verhindern, daß die Außenseite des Führungshohlleiters 2 durch Niederschläge verschmutzt wird, wird auf den Führungshohlleiter 2 ein Schutzrohr 26 aufgesteckt, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist, das den gesamten Führungshohlleiter 2 von seinem Ende bis zu der Metallummantelung 5 einhüllt. Als Material für das Schutzrohr 26 eignet sich Glas. Sollte das (Glas-)Schutzrohr 26 zu stark durch Niederschläge belegt sein, so daß eine gleichmäßige Plasmabildung nicht mehr gewährleistet ist, wird das beschlagene Schutzrohr 26 durch ein neues Schutzrohr 26 ausgetauscht. Es wird erreicht, daß der Führungshohlleiter 2 selbst nicht gewechselt werden muß.

Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Durchführung und Halterung des Führungshohlleiters 2 durch den Flansch 1. Im Gegensatz zu der Ausführungsform nach Fig. 1 entfällt das flanschartige Führungselement 8 und die Verschweißung an der Außenseite des Flansches 1, wobei hier dann der weitere kleine Flansch 8 mittels der O-Ring-Dichtung 6 gedichtet mit dem Klemmring 14 gegen die Außenseite des Flansches 1 verspannt wird. Gleichzeitig wird über den Klemmring 14 der Führungshohlleiter 2 gehalten.

Weiterhin ist in Fig. 3 eine Ausführungsform der Vorrichtung gezeigt, bei der der Innenleiter 3 wesentlich kürzer als der Führungshohlleiter 2 ist. Eine solche Ausbildung des Innenleiters kann dann erforderlich sein, wenn am Ende des Führungsrohres eine diffuse Plasmazone erzeugt werden soll.

Falls in einer Behandlungskammer 25 eine homogene Plasma-Verteilung zwischen den Wänden 24 der Kammer erforderlich ist, wird die Vorrichtung in der in Fig. 4

eingesetzt. Hierbei führt der Führungshohlleiter 2 auf der der Einkoppelseite gegenüberliegenden Seite durch die dortige Wand 24 oder einen in der Wand eingesetzten Flansch gedichtet hindurch. Die für die Abdichtung erforderlichen Teile sind nicht näher dargestellt. Es ist ersichtlich, daß in dieser Anordnung eine Plasmabildung entlang der Außenseite des Führungshohlleiters 2 von Wand zu Wand der Behandlungskammer möglich ist.

In den Fig. 5 bis 7, in denen die Vorrichtungen nur auf der Innenseite des Flansches 1 gezeigt sind, sind verschiedene Variationen des Innenleiter 3 (Fig. 5), des Führungshohlleiters 2 (Fig. 6) sowie der gesamten Mikrowellen-Einkoppel-Vorrichtung mit dem Innenleiter 3 und dem Führungshohlleiter 2 (Fig. 7) gezeigt.

In der Ausführungsform nach der Fig. 5 weist der Innenleiter 3 bis etwa zur Hälfte der Länge des Führungshohlleiters 2 einen gleichbleibenden Durchmesser auf und läuft dann zum Ende des Führungshohlleiters 2 hin konisch zu, wodurch der Ringraum 4 zwischen dem Führungshohlleiter 2 und dem Innenleiter 3 vergrößert wird. In dieser Ausbildung des Innenleiters 3 nimmt die Konzentration des sich bildenden Plasmas zu Ende des Führungshohlleiters 2 hin ab, da die Intensität des elektromagnetischen Feldes auf der Außenseite des Führungsrohres abnimmt.

In Fig. 6 ist eine Ausführung gezeigt, bei der der Innenleiter 3 über seine gesamte Länge einen gleichbleibenden Durchmesser aufweist, während der Durchmesser des Führungshohlleiters 2 bis zur Hälfte seiner Länge einen gleichbleibenden Durchmesser besitzt und dann zum Ende hin konisch zuläuft, so daß er im Bereich des Endes unmittelbar den Innenleiter 3 umschließt. Der Ringraum 4 wird hierdurch in seiner Größe zum Ende der Vorrichtung hin verkleinert. Diese Anordnung wirkt sich auf die Plasmabildung dahingehend aus, daß bedingt durch die zum Ende des Führungsrohres 2 hin zunehmende Feldstärke die Plasmadichte dort zunimmt.

Um die Plasma-Verteilung in der Behandlungskammer 25 einem komplex geformten, beispielsweise zu beschichtenden Werkstück anzupassen, so daß entlang des Werkstückes eine homogene Plasmazone entsteht, kann der Führungshohlleiter 2 mit dem Innenleiter 3 beliebig in Längsrichtung gebogen werden, wobei eine einfache Geometrie in Fig. 7 dargestellt ist.

Die Geometrien des Innenleiters 3 und des Führungshohlleiters 2, wie sie in den Fig. 5 bis 7 dargestellt sind, können beliebig miteinander kombiniert werden, um homogene oder inhomogene Verteilungen des Plasmas in der Behandlungskammer 25 zu erreichen und die Plasmfelder den Geometrien der Werkstücke, die behandelt werden sollen, anzupassen.

In Fig. 8 ist die Durchführung der Vorrichtung durch den Flansch gezeigt, wie sie vorstehend bereits unter Bezugnahme auf die Fig. 1 erläutert wurde. Gegenüber der Ausführung nach der Fig. 1 ist im Bereich der Durchführung durch den Flansch 1 ein inneres Metallrohr 27 in den Führungshohlleiter 2 eingesetzt, das als Wellenleiter dient und verhindert, daß sich in diesem Bereich ein Plasma entlang des Führungshohlleiters 2 bildet. Ein solches in den Führungshohlleiter 2 eingesetztes Metallrohr 27 bietet den Vorteil, daß die Metallummantelung 5, die ebenfalls als Wellenleiter in dem Bereich der Durchführung durch den Flansch 1 dient, eine fest vorgegebene Länge besitzt und die erforderliche Länge des Wellenleiters in diesem Bereich von Anwendungsfall zu Anwendungsfall durch die entsprechende Wahl der Länge des eingesetzten Metallrohres 27 vorgenommen wird.

Aufgrund von Werkstückgeometrien kann es beispielsweise erforderlich sein, Plasmazonen entlang des Führungshohlleiters 2 nur in voneinander beabstandeten Abschnitten zu bilden. Dies wird dadurch erreicht, daß, wie in Fig. 9 gezeigt ist, entlang des Führungshohlleiters 2 Rohrabchnitte 28 aus Metall voneinander beabstandet aufgesetzt sind, die jeweils als Wellenleiter für die Mikrowellen in diesen Bereichen dienen, während im Bereich der Zwischenräume 29 ein Plasma gebildet wird. Mit solchen Rohrabchnitten 28, die beispielsweise auch Längsschlitze oder -spalte, die in Richtung der Achse 16 verlaufen, haben können, können die sich bildenden Plasmabereiche gezielt eingegrenzt werden.

Um in der Behandlungskammer Plasmazonen in definierten Bereichen zu bilden, können Führungshohlleiter 2 mit dem Innenleiter 3 anstelle der aufgesetzten Rohrabchnitte 28 nach der Fig. 9 in einen Metallträger 30 eingesetzt werden, der einen Spalt 31 aufweist, im Bereich dessen sich das Plasma bildet. In den übrigen Bereichen dient der Metallträger 30 als Wellenleiter. Wie aus den Fig. 10 und 11 ersichtlich ist, nimmt die Breite des Spaltes 31 zum Ende des Führungshohlleiters 2 hin zu, wodurch beispielsweise Intensitätsverluste zum Ende des Führungshohlleiters 2 hin kompensiert werden können. Um das Plasma zusätzlich entlang des Spaltes 31 zu verstärken und auf den Bereich des Spaltes 31 zu konzentrieren, sind in den Metallträger 30 beidseitig des Spaltes 31 stabförmige Magnete 32 eingesetzt, wobei der Verlauf der Feldlinien 33 zusätzlich in Fig. 11 gezeigt ist.

Die Fig. 12 veranschaulicht den Einsatz von drei Vorrichtungen, wie sie anhand der Fig. 1 bis 11 beschrieben wurden, die übereinander in der Wand 24 der Behandlungskammer 25 eingebaut sind, wie die Fig. 13 zeigt. Mit dem Einsatz von mehreren solcher Vorrichtungen können sehr große, homogene Plasmafelder erreicht werden. Die einzelnen Führungshohlleiter 2 können hierbei über einen gemeinsamen Hohlleiter 10 miteinander verbunden sein, an dessen einem Ende eine Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung 11 angeordnet ist.

In Fig. 9 sind in den Innenleiter 3 zusätzliche Stabmagnete 34 eingesetzt, die je nach Magnetisierungsrichtung eine Plasmaerzeugung längs des Führungsrohres 2 an den nicht durch Metallisieren abgeschirmten Bereichen auch bei niedrigen Drücken im Bereich von 0,001 mbar durch Ausnutzung der ECR-Bedingung bewirken.

In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 beträgt der Außen-Durchmesser des Innenleiters 3,12 mm bei einer Wandstärke von 1 mm und der Außen-Durchmesser des Führungshohlleiters 2 beträgt 30 mm bei einer Wandstärke von 2,5 mm. Die über den Flansch 1 vorstehende Länge des Führungshohlleiters 2 beträgt etwa 500 mm. Der Durchmesser des Hohlleiters 10 beträgt 50 mm.

In den verschiedenen Figuren wurden verschiedene Ausführungsvarianten erläutert, wobei die verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten, wie sie gezeigt und erläutert wurden, untereinander kombinierbar sind. Weiterhin sind insbesondere die vorstehenden Erläuterungen zu Fig. 1 auf die anderen Figuren übertragbar, in denen die gleichen Bezugszeichen wie für Fig. 1 verwendet sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur lokalen Erzeugung eines Plasmas in einer Behandlungskammer mittels Mikro-

wellenanregung, die durch einen in eine Wand einbaubaren Flansch oder die Wand selbst in einen äußeren und einen inneren Teil unterteilt ist, wobei am äußeren Teil eine Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung angeordnet ist, deren Mikrowellen über eine Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung zum inneren Teil hingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung einen durch den Flansch (1) hindurchführenden äußeren Führungshohlleiter (2) aus isolierendem Material aufweist, in dem ein Innenleiter (3) aus Metall verläuft, wobei die Mikrowellen von der Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung (11) in den Innenleiter (3) eingekoppelt werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenleiter (3) mit Abstand zu den Innenwänden des Führungshohlleiters (2) einen Ringraum (4) bildend angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Führungshohlleiter (2) einen kreisförmigen Querschnitt aufweist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenleiter (3) und der Führungshohlleiter (2) coaxial zueinander angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Führungshohlleiter (2) ein gegen einen Niederdruck in der Behandlungskammer (25) unterschiedlicher Druck erzeugt wird.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Führungshohlleiter (2) auf seiner Außenseite zumindest teilweise eine Metallummantelung (5) aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Metallummantelung (5) angrenzend an den Flansch (1) vorgesehen ist, die eine Mikrowellenführung bildet.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenleiter (3) einen sich über seine Länge erstreckenden Hohlraum aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenleiter (3) ein Hohlrohr ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Führungshohlleiter (2) durch ein dielektrisches Rohr gebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Führungshohlleiter (2) durch ein Glasrohr gebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Innenleiters (3) kürzer als die Länge des Führungshohlleiters (2) ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Innenleiters (3) über seine Länge variiert.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Führungshohlleiters (2) über seine Länge variiert.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Führungshohlleiter (2) an seinem einen Ende über ein flanschartiges Führungselement (8) in dem einbaubaren Flansch (1) gehalten ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungselement (8) an der Au-

Benseite des Flansches (1) vakuumdicht angeschweißt ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung (11) über einen Hohlleiter (9) 5
angeschlossen ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (9) mit seiner Achse (17) quer zur Achse (16) der Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung (2, 3) verläuft. 10

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (9) mit seiner Achse (17) in Richtung der Achse (16) der Mikrowellen-Einkoppeleinrichtung (2, 3) verläuft.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse (17) als Hohlleiter (10) mit der Achse (16) der Mikrowellen-Einkoppel-Vorrichtung (2, 3) einen Winkel von 90° einschließt 15

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, 20
dadurch gekennzeichnet, daß auf die Außenseite des Führungshohlleiters (2) ein Schutzrohr (26) aus einem nichtleitenden Werkstoff aufgesetzt ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Schutzrohr (26) ein Rohr aus 25
Quarzglas ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung (11) ein Mikrowellen-Führungsteil (2, 3) aufweist, das die Mikrowellen der 30
Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung (11) in den Innenleiter (3) einkoppelt.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrowellen-Führungsteil einen kegelförmigen Teil (18) aufweist. 35

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das kegelförmige Teil (18) in seiner Achse auf den Innenleiter (3) aufgesteckt ist, wobei der Innenleiter (3) durch den Flansch (1) zur Außenseite hin verlängert hindurchführt. 40

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das kegelförmige Teil (18) in dem Hohlleiter (10) angeordnet ist.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Führungshohlleiter (2) teilweise von Magneten (32) umgeben 45
ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (32) derart angeordnet sind, daß in Leitungsrichtung (Achsrichtung) des Führungshohlleiters (2) ein Spalt (31) verbleibt, im Bereich dessen das Plasma erzeugt wird. 50

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Spaltes (31) entlang des Führungshohlleiters (2) variiert. 55

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Spaltes (31) vom Flansch (1) aus gesehen zunimmt.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Führungshohlleiters (2) Magnete eingesetzt sind. 60

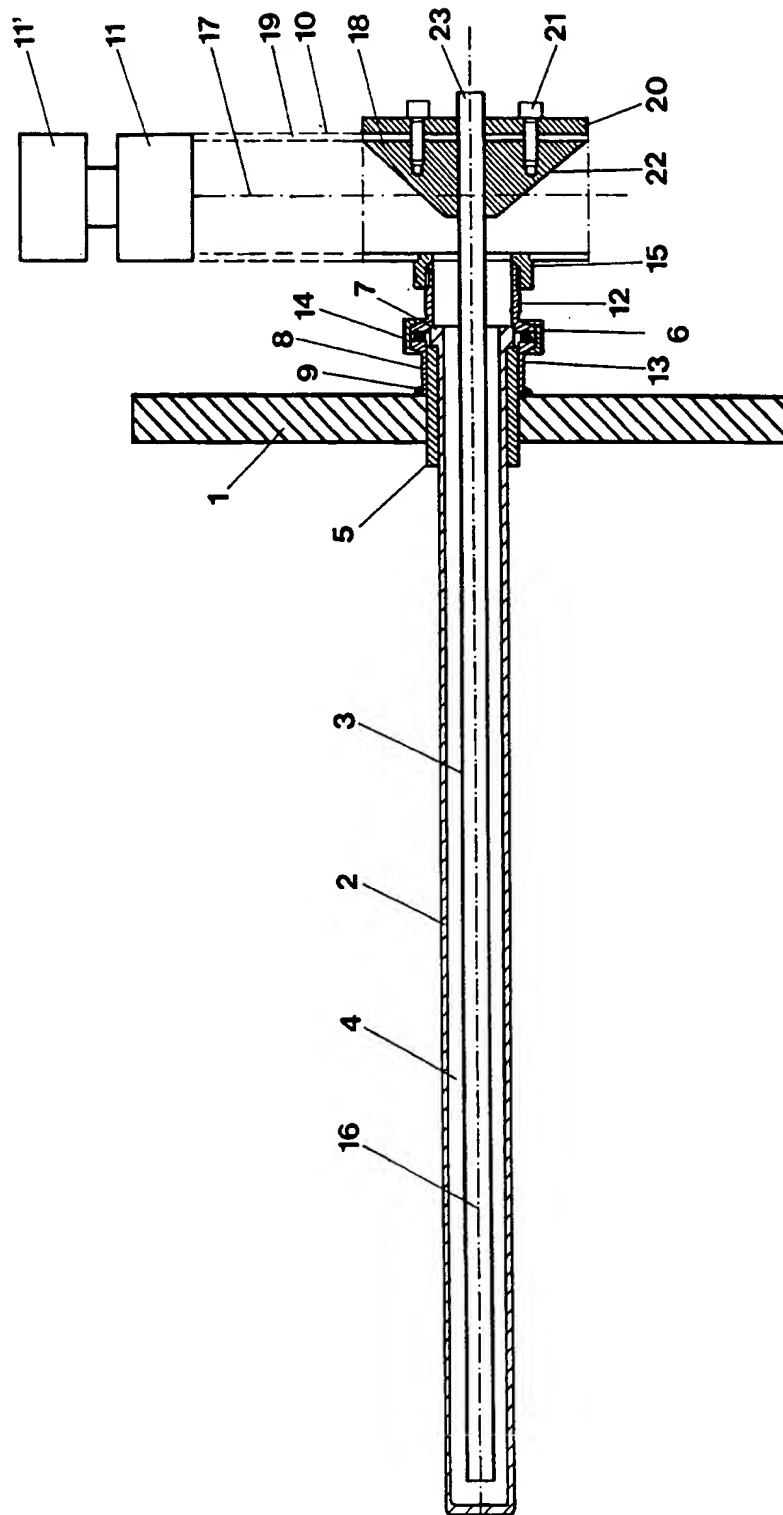
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Führungshohlleiter (2) vorgesehen sind, die jeweils mit einer Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung (11) in Ver- 65
bindung stehen.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Führungshohlleiter (2)

von einer Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung (11) gespeist werden.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Nummer:
Int. Cl.⁵:
Offenlegungstag:

DE 41 36 297 A1
H 05 H 1/46
6. Mai 1993

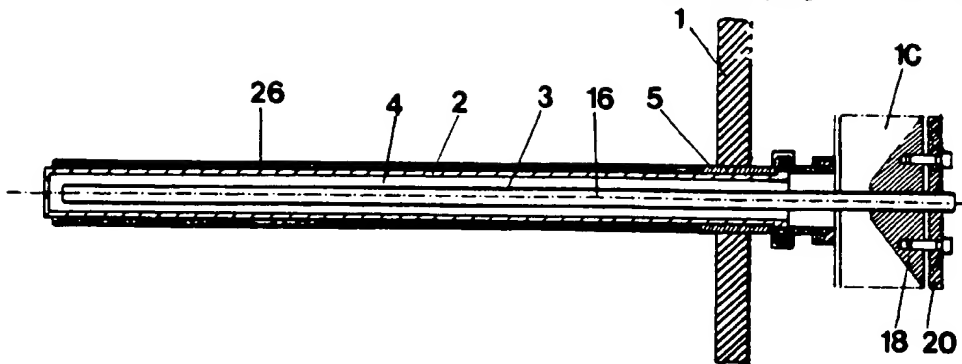


FIG. 2

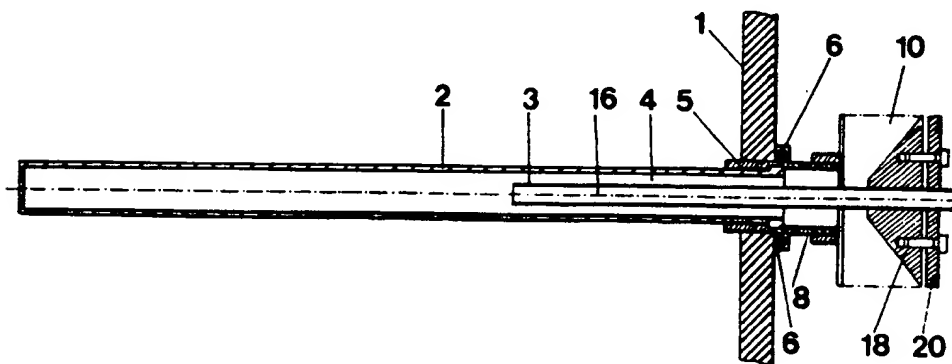


FIG. 3

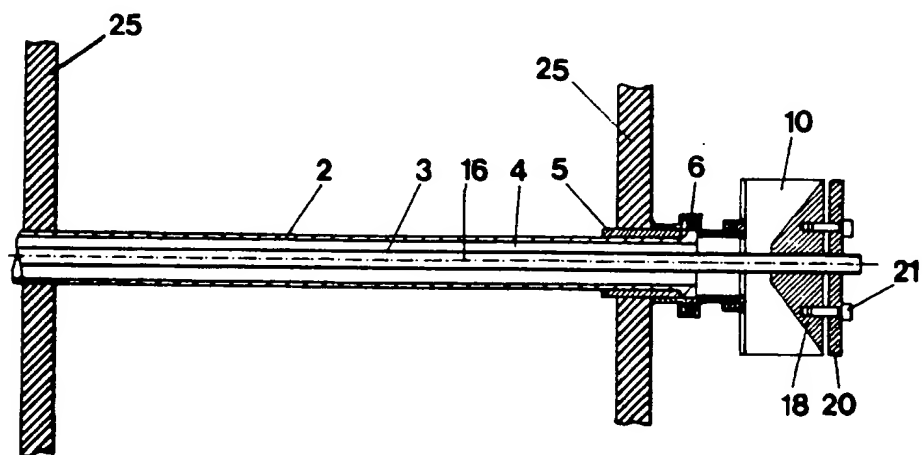


FIG. 4

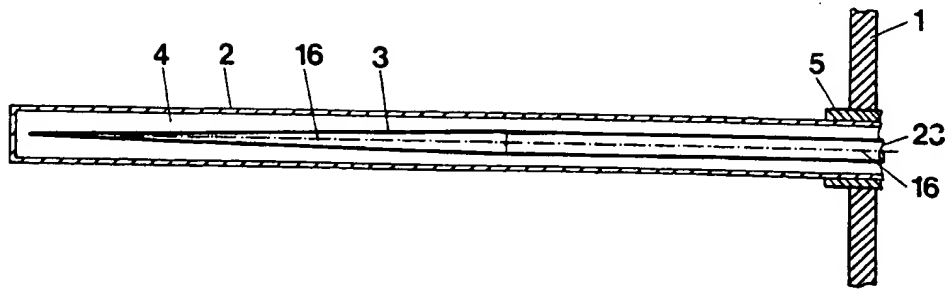


FIG. 5

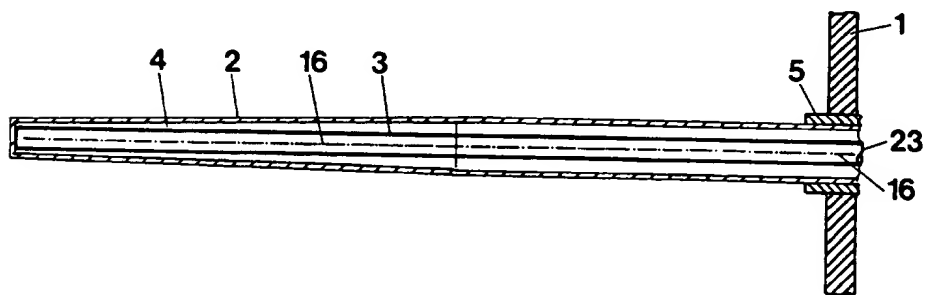


FIG. 6

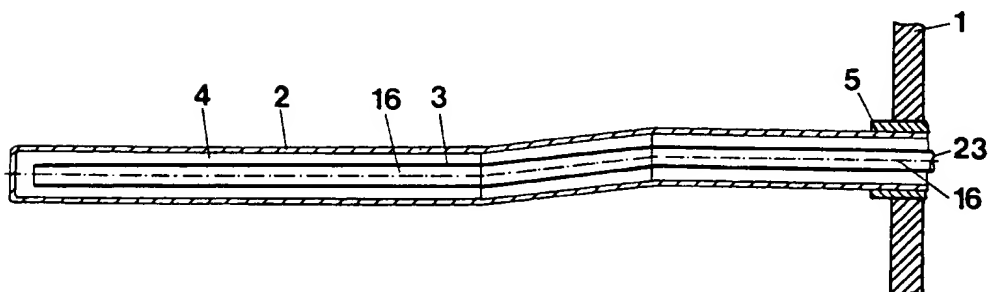


FIG. 7

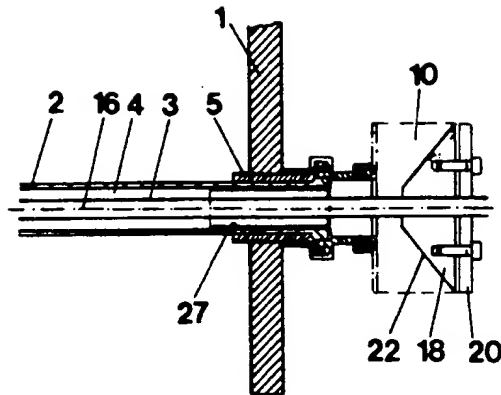


FIG. 8

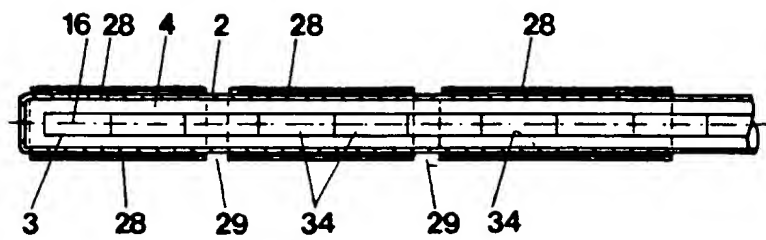


FIG. 9

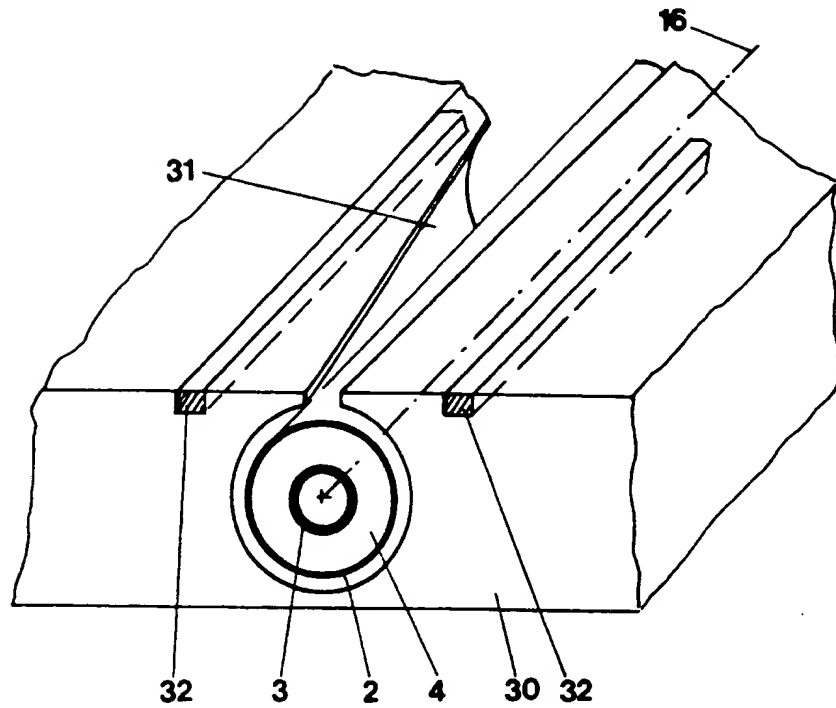


FIG. 10

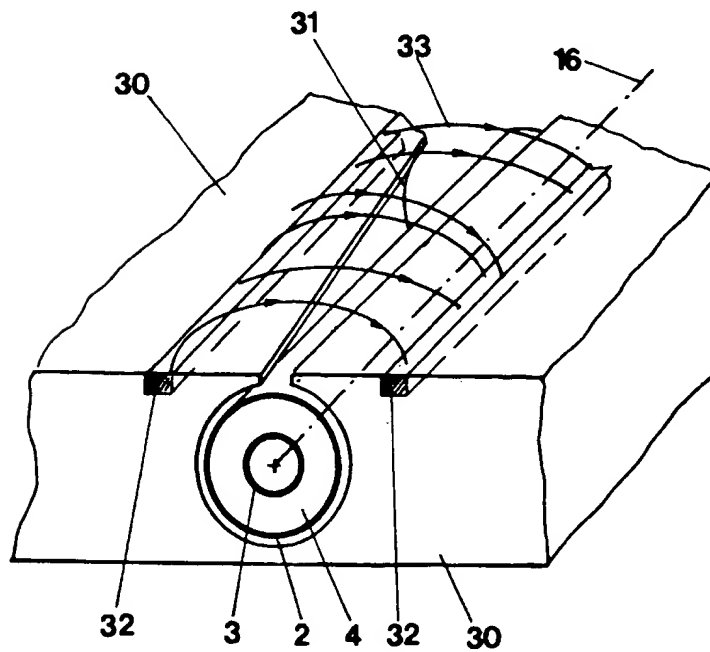


FIG. 11

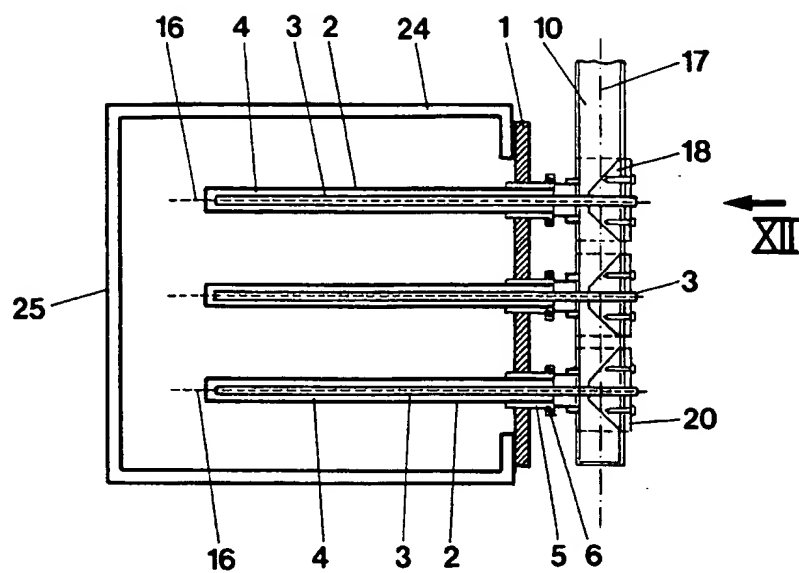


FIG. 12

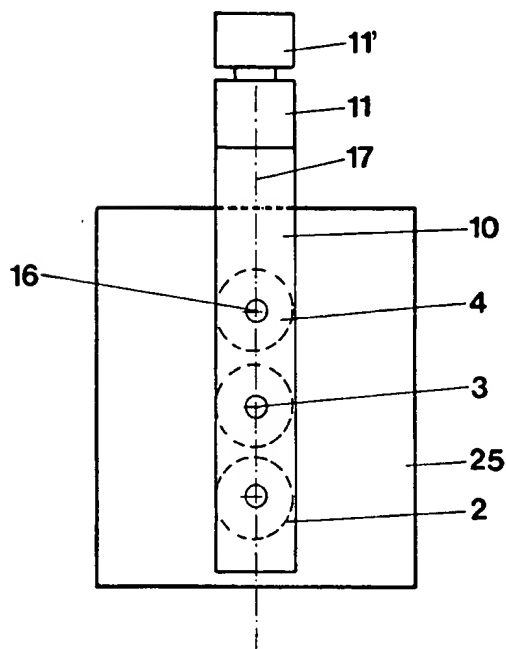


FIG. 13